



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL**

**ESTOQUE DE CARBONO E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM**  
**ÁREAS SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS E AGRICULTURA NO**  
**AGRESTE PARAIBANO**

**MATEUS COSTA BATISTA**

**AREIA- PB**

**FEVEREIRO DE 2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL**

**ESTOQUE DE CARBONO E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM  
ÁREAS SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS E AGRICULTURA NO  
AGRESTE PARAIBANO**

**Mateus Costa Batista**

**Orientando**

**Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias**

**Orientador**

**AREIA- PB**

**FEVEREIRO DE 2017**

**MATEUS COSTA BATISTA**

**ESTOQUE DE CARBONO E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM  
ÁREAS SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS E AGRICULTURA NO  
AGRESTE PARAIBANO**

Trabalho de Graduação apresentado à  
Coordenação do Curso de Agronomia do  
Centro de Ciências Agrárias da  
Universidade Federal da Paraíba, em  
cumprimento às exigências para a  
obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias**

**AREIA – PB**

**FEVEREIRO DE 2017**

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da  
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

B333e Batista, Mateus Costa.

Estoque de carbono e frações da matéria orgânica em áreas sob sistemas  
agroflorestais e agricultura no agreste paraibano / Mateus Costa Batista. - Areia:  
UFPB/CCA, 2017.  
iv, 41 f.; il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências  
Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

Bibliografia.

Orientador: Bruno de Oliveira Dias.

1. Sistemas agroflorestais – Agreste paraibano 2. Solos – Estoque de carbono 3. Solos  
– Matéria orgânica I. Dias, Bruno de Oliveira (Orientador) II. Título

UFPB/CCA


CDU: 631/635

**MATEUS COSTA BATISTA**

**ESTOQUE DE CARBONO E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM  
ÁREAS SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS E AGRICULTURA NO  
AGRESTE PARAIBANO**

MONOGRAFIA APROVADA EM: 07/02/2017

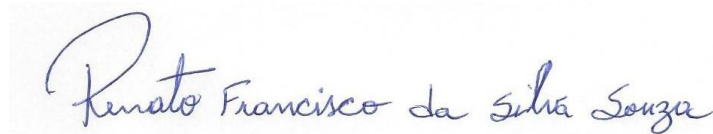
**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias - Orientador

DSER/CCA/UFPB



---

Eng. Agrônomo Ms. Renato Francisco da Silva Souza – Examinador

Doutorando do PPGCS/UFPB



---

Eng. Agrônomo Ms. Tiago de Carvalho Pessoa – Examinador

Doutorando do PPGCS/UFPB

## DEDICATÓRIA

*A Deus,*

*A meus pais*

*E a todos aqueles que*

*de alguma forma*

*contribuíram para*

*a minha*

*formação.*

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo dom da vida e por interceder em todos os momentos de dificuldades e alegria,

Aos meus pais Honorato Batista Junior e Edenice Pereira da Costa, por confiarem nesta minha árdua caminhada, pelos conselhos, ensinamentos e que nunca mediram esforços para me sustentar na universidade, espelhos de honestidade, perseverança, humildade e amor.

A minha querida irmã Daniela Costa Batista, por todo amor e carinho.

Aos meus inesquecíveis avós e tios que sempre me incentivaram, e me ajudaram de todas as formas nessa minha jornada.

Aos meus primos em especial, Felipe, João Paulo, Paulo Henrique, Augusto, Pedro Artur, Denílson Elvis, Artur, Elder, Anderson, Alife e Lucas Aurélio que sempre estiveram comigo, e sempre confiaram em meu potencial.

À Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, pela oportunidade de me formar em Agronomia.

À minha querida terrinha Boa Vista, em especial a Fazenda Riachão, berço dos meus pais e familiares, lugar que me deu vocação e carinho pelo meu querido curso.

Ao prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias e prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vânia da Silva Fraga, não apenas pelas suas sabias orientações, ensinamentos, mas pelo vínculo de companheirismo e amizade adquirido ao longo de toda vida acadêmica.

À toda equipe do laboratório de Matéria Orgânica, em especial a João Ítalo, Rodolfo, Kaline, Adilson, Evaldo, Maely, Mayara, Priscila pela amizade e companheirismo.

Aos amigos que me deram a chance de conviver com eles, João Paulo, Rayan, Kennedy, Murilo, Rodrigo, Geovane, Alan, Kaique, André, Normando, Halison, Renato, Doda, Zé Marcos, Caio, Giba, Michely e Arcelina.

**Obrigado a todos!**

## Sumário

<b>LISTAS DE FIGURAS .....</b>	<b>i</b>
<b>LISTAS DE TABELAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
2.1 Geral.....	14
2.2 Especifico .....	14
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
3.1 Solos do semiárido paraibano .....	14
3.2 Sistemas Agroflorestais (SAF's).....	15
3.3 Agricultura de Baixo Carbono .....	16
3.4 Matéria Orgânica do Solo .....	17
3.5 Substâncias Húmicas .....	19
3.6 Fração leve do Solo .....	20
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
4.1 Caracterização da área .....	21
4.2 Carbono Total do solo .....	22
4.3 Substâncias Húmicas .....	24
4.4 Fracionamento Físico da Matéria orgânica do solo.....	26
4.4.1 Fracionamento Granulométrico.....	26
4.4.2 Matéria orgânica leve.....	26
4.4 Estoque de Carbono.....	27
4.4 Análise de Variância .....	27
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>27</b>
5.1 Teor de carbono orgânico total e Estoque de carbono.....	27
5.2 Matéria orgânica leve e Carbono da matéria orgânica leve .....	29
5.3 Carbono orgânico particulado .....	31



5.4 Substâncias Húmicas.....	32
5.5 Relações entre as frações húmicas.....	36
5.6 Porcentagem das frações orgânicas e COp em relação ao carbono total.....	38
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>40</b>
<b>7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>41</b>

## Lista de Figuras

**Figura 1:** Localização do município de Esperança no Estado da Paraíba - Brasil. . ....21

**Figura 2:** Peso da fração leve da matéria orgânica, MOL (a) e teores de carbono na fração leve (Cmol) da matéria orgânica (b) em solos submetidos a diferentes usos, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.....31

**Figura 3:** Teores de Carbono nas frações húmicas, ácido fúlvico (C-AF), ácido húmico (C-FH) e humina (C-H) em solo submetido a diferentes formas de uso, área de agricultura convencional (AC), área com sistema agroflorestal a um ano (SAF-1) e área com sistema agroflorestal a 15 anos (SAF-15) em quatro profundidades.....35

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Caracterização química de um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0-10, 0-20, 20-40 e 40-60 cm.....	22
<b>Tabela 2:</b> Teor de Carbono orgânico total (COT), em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0-10, 0-20, 20-40 e 40-60 cm.....	27
<b>Tabela 3:</b> Estoque de Carbono em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0-10, 0-20, 20-40 e 40-60 cm.....	28
<b>Tabela 4:</b> Teor da matéria orgânica leve (MOL) e carbono da matéria orgânica leve (C-MOL), em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm .....	30
<b>Tabela 5:</b> Teores do Carbono orgânico particulado (COp), em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0–10, 0–20, 20-40 e 40-60 cm.....	32
<b>Tabela 6:</b> Bala Teores de C orgânico nas frações ácido fúlvico, ácido húmico e humina, em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0–10, 0–20, 20-40 e 40-60 cm.....	33
<b>Tabela 7:</b> Relações entre as frações húmicas da MOS, em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0–10, 0–20, 20-40 e 40-60 cm .....	37
<b>Tabela 8:</b> Porcentagem do C orgânico das frações ácido fúlvico, ácido húmico, humina e COp no COT, em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0–10, 0–20, 20-40 e 40-60.....	39

BATISTA, Mateus Costa. **Estoque de carbono e frações da matéria orgânica em áreas sob sistemas agroflorestais e agricultura no agreste paraibano**. Areia – PB, 2015. 45p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal da Paraíba.

## RESUMO

As mudanças no uso do solo proveniente da ação antrópica, na maioria das vezes para formação de novas áreas agrícolas, afetam a dinâmica da matéria orgânica como também o acúmulo de carbono no solo, e estão associadas a emissões de gases do efeito estufa. A substituição de áreas nativas nem sempre implica dizer em diminuição nos teores de carbono, ao contrário, dependendo da forma de uso do solo, esses teores podem aumentar com o acúmulo de matéria orgânica no solo. Os benefícios gerados pelos sistemas agroflorestais (SAFs) ao ambiente são comprovados nas mais diversas regiões do mundo. No entanto, na região semiárida paraibana, são poucos os trabalhos desenvolvidos englobando as vantagens atribuídas a este tipo de sistema quanto ao carbono no solo. O objetivo desse trabalho foi estimar o estoque de carbono e das frações da matéria orgânica do solo sob sistemas agroflorestais e agricultura no Agreste da Paraíba. O estudo foi desenvolvido em duas propriedades agrícolas na cidade de Esperança localizada no Agreste paraibano, foram estudadas três áreas com duas formas de uso, área sob sistema agroflorestal a 15 anos (SAF-15), área sob sistema agroflorestal a 1 ano (SAF-1) e área sob agricultura convencional (AC), Em cada área foram delimitados 3 quadrantes de aproximadamente 25 m<sup>2</sup>, sendo coletadas 5 amostras simples em cada quadrante nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, as análises químicas foram realizadas no laboratório de matéria orgânica da UFPB. Foram avaliadas as variáveis estoque de carbono, fração leve, substâncias húmicas e carbono orgânico particulado. As áreas com SAF-15 e SAF-1 apresentaram maiores estoques de C em todas as profundidades, já para o C da fração leve e o C associado as frações ácido fúlvico e ácido húmico, na área de SAF-15 foram maiores até os primeiros 10 cm, diferente do C orgânico particulado onde essa mesma área apresentou os maiores valores em todas as camadas avaliadas, a área de AC apresentou os maiores teores da fração humina na última camada estudada.

**Palavras-chaves:** Frações orgânicas, Semiárido, Neossolo Regolítico.

BATISTA, Mateus Costa. **Carbon stock and fractions of organic matter in areas under agroforestry systems and agriculture in the Paraíba agreste**. Areia - PB, 2015. 45p. Course Completion Work (Graduation in Agronomic Engineering) - Federal University of Paraíba.

#### ABSTRACT

Changes in land use from anthropogenic action, most often to the formation of new agricultural areas, affect the dynamics of organic matter as well as the accumulation of carbon in the soil, and are associated with greenhouse gas emissions. The modification of native areas does not imply a decrease in the carbon content, but depending on the form of land use, these contents can increase with the accumulation of organic matter in the soil. The benefits generated by agroforestry systems (SAFs) to the environment are proven in the most diverse regions of the world. However, in the semi-arid region of Paraíba, few studies have been carried out, including the advantages attributed to this type of system in terms of soil carbon. The objective of this work was to estimate the carbon stock and soil organic matter fractions under agroforestry systems and agriculture in the state of Paraíba. The study was carried out in two agricultural properties in the city of Esperança, located in the Agreste region of Paraíba. Three areas with two forms of use were studied: 15-year agroforestry system (SAF-15), 1-year agroforestry system (SAF- 1) and area under conventional agriculture (AC). In each area, 3 quadrants of approximately 25 m<sup>2</sup> were delimited and 5 simple samples were collected in each quadrant at depths of 0-10, 10-20, 20-40 and 40-60 cm , The chemical analyzes were carried out in the organic matter laboratory of the UFPB. The variables carbon stock, light fraction, humic substances and particulate organic carbon were evaluated. The areas with SAF-15 and SAF-1 presented higher C stocks at all depths, while for C of the light fraction with also the C associated to the fulvic acid and humic acid fractions, in the SAF-15 area were higher up to the The first area 10 cm, different from the organic C particulate where the same area presented the highest values in all the evaluated layers, the area of AC presented the highest levels of the humina fraction in the last layer studied.

**Key words:** Organic Fractions, Semi-arid, Neossolo Regolítico.

## 1. INTRODUÇÃO

A substituição da vegetação natural para instalação de sistemas agrícolas na regiões semiárida , associado ao manejo inadequado, reduz o estoque de carbono e altera as frações da MOS, comprometendo consequentemente a qualidade do solo. Para solos tropicais, a matéria orgânica tem grande contribuição na fertilidade, aumento da capacidade de troca de cátions, melhoria nas características químicas, físicas e biológicas, contribuindo a sustentabilidade desses agroecossistemas.

Quando o processo de adição da matéria orgânica no solo é inferior ao de decomposição, este sistema não atinge um novo equilíbrio, tornando-se exaurido e provocando a degradação do solo (Barreto et al., 2006). De acordo com Rangel e Silva (2007), na mudança de uma vegetação nativa por sistemas agrícolas, os estoques de carbono orgânico (CO) podem ser drasticamente reduzidos, com perdas da ordem de 50 % nos primeiros 20 cm de profundidade do solo e de até 20 % na profundidade de um metro.

Nos agroecossistemas nordestinos em quase todos os casos o crescimento vegetal depende da mineralização da matéria orgânica do solo, fornecendo N (exceto leguminosas fixadoras de N) e também de parte de P e S (Tiessen et al., 2001), e da disponibilidade de água. Em muitas propriedades agrícolas essa dependência da matéria orgânica do solo é praticamente total, devido à quase ausência de fertilização química, em função dos altos custos dos fertilizantes minerais

No Agreste paraibano é a adoção de sistemas agrícolas totalmente extrativista, a agricultura é desenvolvida após um desmatamento indiscriminado, pousio inadequado e as vezes até queimadas, já na pecuária, o que ocorre é seu superpastoreio, representando grande ameaça à manutenção da qualidade do solo (atributos químicos e físicos), por propiciar, principalmente, a exposição do solo, aumento do processo erosivo e perda de nutrientes, além disso, a região apresenta altas temperaturas, reduzida pluviosidade, solos poucos intemperizados e pequena produção de fitomassa, prejudicando ainda mais as taxas de adição da matéria orgânica no solo.

A vegetação nativa, desempenha diversos serviços ecossistêmicos, e são importantes para a manutenção do equilíbrio do clima global e sequestro do carbono da atmosfera, dessa forma, mudança do uso do solo, proveniente da ação antrópica, tem o efeito significativo de alterar a dinâmica da matéria orgânica, e conforme o sistema de uso do solo adotado, o equilíbrio na dinâmica dos nutrientes é alterada, podendo assim aumentar ou diminuir em relação ao sistema natural e consequentemente modificar a qualidade do solo.

Nesse contexto, opções racionais de uso do solo devem ser propostas e estudadas. Sistemas agroflorestais (SAFs) têm sido amplamente promovidos como sistemas de produção

agrícola sustentáveis e particularmente atraentes para regiões subdesenvolvidas, onde o uso de insumos externos é inviável (Maia et al., 2006). Assim surge como alternativas para a produção agrícola na região do Agreste paraibano, por apresentarem diversas vantagens como: a fixação biológica de carbono e nitrogênio; a redução da emissão de gases do efeito estufa (GEE), contribui com a reciclagem de nutrientes; além de favorecer o contínuo aporte de matéria orgânica ao solo.

Com todas as vantagens oferecidas pela implantação dos SAFs, segundo estudos científicos desenvolvidos em outras regiões do país, existe uma carência de informações técnico-científicas, sobre os SAFs na região semiárida brasileira, especificamente no Agreste paraibano, sobretudo nos que se relacionam com os parâmetros químicos e com os compartimentos e frações da matéria orgânica em solos arenosos, comuns em diversas localidades da região. Também estabelecer estimativas de estoque de carbono que os SAFs oferecem para região, já que o estado da Paraíba aprovou no ano de 2015 (Paraíba, Decreto 36.407, 2015) o Plano Estadual de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC-Paraíba), cujo objetivo principal é incentivar a criação de projetos agropecuários que reduzam a emissão de GEE, sendo uma das metas a expansão dos sistemas agroflorestais no estado para uma área de 5.000 hectares até o ano de 2020.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos gerais:**

Estimar o estoque de carbono e das frações da matéria orgânica do solo sob sistemas agroflorestais e agricultura no Agreste da Paraíba.

### **2.2. Objetivos específicos:**

- Determinar o estoque de carbono em profundidade de áreas sob sistemas agroflorestais e agricultura no Agreste paraibano
- Avaliar a qualidade da matéria orgânica através do fracionamento químico e físico.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Solos do Semiárido Paraibano**

No mundo, assim como no Brasil, existe uma grande diversidade de tipos de solos, cada um com características químicas, físicas, morfológicas e biológicas próprias, o que lhes confere aptidão de uso e manejo distintas. Essas características, quando associadas a outros fatores

ambientais como, clima e relevo, determinam o tipo adequado de cultura para ser cultivado em cada solo (Capeche, 2008).

Os avanços no conhecimento dos solos na região semiárida têm sido significativos nas últimas décadas (Medeiros et al., 2014; Galvão & Salcedo, 2009; Fraga & Salcedo, 2004), a região apresenta gradientes altitudinais, que influenciam nos gradientes climáticos. A região semiárida do Brasil, ao contrário do que muitos pensam, não é homogênea quanto a condições ambientais, apresentando, portanto, uma diversidade de unidades geoambientais (Sampaio & Salcedo, 1997). O que caracteriza uma diversidade de processos e fatores de formação do solo. O semiárido paraibano caracteriza-se por apresentar solos pouco intemperizados, com maior predominância das classes Neossolo regolítico; Planossolo e Luvisolo, com muito afloramento de rochas ígneas e, em menor escala, sedimentares (Jacomine et al., 1972).

No Agreste paraibano é comum a ocorrência dos Neossolos Regolíticos que, de modo geral, são observados em todas as regiões brasileiras. Entretanto, tais solos não apresentam elevada representatividade espacial no país, ocorrendo geralmente de forma dispersa em ambientes específicos, como a zona semiárida nordestina e o Mato Grosso do Sul, estando presente, em menores concentrações, em alguns pontos da região serrana da Região Sudeste (Embrapa, 2006).

Os Neossolos Regolíticos são solos que possuem horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr, apresenta minerais primários de fácil alteração em quantidade significativa na massa do solo. Apresenta também textura arenosa a média e pequena diferenciação entre horizontes no perfil. Possui, via de regra, uma boa reserva de nutrientes para os vegetais, apresenta potencial baixo a médio para agricultura irrigada, drenagem boa a mecanização agrícola e, em alguns casos, pequena profundidade efetiva. São solos com baixo teor de matéria orgânica e P, com alta permeabilidade e baixa capacidade de retenção de água, os solos arenosos apresentam menor quantidade de cargas, maior macroporosidade e condutividade hidráulica saturada e menor microporosidade (Almeida et al., 2015).

### **3.2 Sistemas Agroflorestais (SAFs)**

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs), são caracterizados principalmente pela combinação de espécies florestais com cultivos agrícolas e adicionados ou não às atividades pecuárias (Lima et al., 2010). A presença de componentes florestais arbóreos nos SAFs adicionados a uma grande biodiversidade de espécies, propicia a deposição contínua de resíduos vegetais, o que facilita a manutenção da matéria orgânica do solo, afetando diretamente os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Delabie et al., 2007). Em última análise, o SAF proporciona



benefícios ambientais, como a conservação da biodiversidade, o sequestro de carbono e a melhoria no controle de qualidade da água (Reitsma et al., 2001).

No sistema agroflorestal, a ciclagem de nutrientes torna-se mais eficiente, visto que as espécies arbóreas influenciam a quantidade e a disponibilidade de nutrientes dentro da zona de atuação do sistema radicular das culturas associadas. Tal fato se dá por meio do acréscimo de nitrogênio (fixação biológica do nitrogênio) e da interceptação dos nutrientes lixiviados das camadas superficiais, que se acumulam no subsolo, geralmente, fora do alcance das raízes da cultura agrícola, e retornam à superfície na forma de serapilheira. (Ribaski et al., 2001). Desse modo, o sistema agroflorestal pode ser considerado uma prática agrícola viável e conservacionista, por possibilitar um maior aporte de resíduos vegetais em diferentes quantidades e qualidades orgânicas, favorecendo, assim, o aumento da matéria orgânica do solo.

Os SAFs apresentam inúmeras vantagens que contribuem para o estabelecimento de modelos de produção mais estáveis e que podem amenizar as adversidades encontradas pela agropecuária nas regiões semiáridas. Esses sistemas proporcionam maior cobertura do solo, favorecem a preservação da fauna e da flora (Breman e Kessler, 1997). Possibilitam, ainda, maior diversidade de produtos a serem explorados, o que alivia a sazonalidade, fenômeno comum no setor agropecuário (Izac e Sanchez, 2001).

Segundo Drumond (2000), existe alguns problemas ligados ao desenvolvimento de Sistemas Agroflorestais na Região Semiárida do Nordeste, como a falta de tradição do segmento florestal na região, desconhecimento dos benefícios dos Sistemas Agroflorestais-SAFs, ensino e práticas voltadas para o monocultivo (cultivo isolado), falta de pesquisas que quantifiquem e qualifiquem as melhores alternativas agroflorestais, por zona agroecológica e desconhecimento de práticas conservacionistas pelo uso de SAFs.

De acordo com Rodrigues (2003), os sistemas agroflorestais têm sido apontados como uma das alternativas econômico-ecológicas viáveis de produção agrícola. Estes sistemas constituem o tipo de uso do solo que mais se aproxima da estrutura e da dinâmica da vegetação natural, podendo substituir, com certa eficiência, a sua função ecofisiológica de manutenção do equilíbrio ecológico. Para cada local, deve-se encontrar um manejo específico e, preferencialmente, baseado nos princípios agroecológicos, a fim de garantir produção de alimentos de alta qualidade biológica, aliada a uma estabilidade ecológica e socioeconômica da produção a longo prazo.

### **3.3 Agricultura de Baixo Carbono**

A produção de alimentos é um dos setores da economia que mais contribui para o aquecimento global. As atividades agropecuárias são responsáveis, em média, por 43% das emissões de gás metano (CH<sub>4</sub>) e 67% das emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Apenas no Brasil, essas substâncias respondem por 74% e 80% das emissões, respectivamente. Além disso, o grande uso de fertilizantes, agrotóxicos, desmatamento e a monocultura extensiva vêm contribuindo para a escassez de água e deterioração do solo.

Frente a esse quadro preocupante, a agricultura de baixo carbono surge como uma alternativa na tentativa de minimizar o impacto ambiental dessa atividade econômica. A ideia é fazer mudanças no modo de produção, pelo uso da tecnologia, para que a agricultura seja mais sustentável, nas quais podemos citar: Recuperação de Pastagens Degradadas, Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Sistema Plantio Direto (SPD), Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) Florestas Plantadas, Tratamento de Dejetos Animais e Sistemas Agroflorestais (SAFs) (Plano ABC, 2012).

Os sistemas agroflorestais têm sido apontados por muitos pesquisadores como a alternativa mais sensata para o manejo de solos tropicais, especialmente para áreas com ecossistemas naturalmente frágeis, como os da região nordeste do Brasil (Araújo Filho e Barbosa, 2000; Maia et al., 2006). Os SAFs apresentam inúmeras vantagens que contribuem para o estabelecimento de modelos de produção mais estáveis e que podem amenizar as adversidades encontradas pela agropecuária. Esses sistemas proporcionam maior cobertura do solo, favorecem a preservação da fauna e da flora, promovem a ciclagem de nutrientes a partir da ação de sistemas radiculares diversos e propiciam um contínuo aporte de matéria orgânica, e são considerados como uma das tecnologias alternativas para contribuir para a mitigação da emissão dos gases de efeito estufa pelas atividades agrícolas (Sánchez, 2001; Schroth et al., 2002; Cordeiro et al; 2011).

Seguindo nessa vertente e com a finalidade de atender a Política Nacional de Mudanças Climáticas – PNMC (Brasil, Lei 12.187, 2009), a criação do Plano ABC-Paraíba, estabelece como uma de suas metas a ampliação das áreas de SAFs no estado para 5.000 hectares nos próximos 5 anos (Paraíba, Decreto 36.407, 2015). Assim, para atingir essa crescente demanda gerada pela PNMC se faz necessário, portanto, avaliar alguns aspectos relacionados a complexidade que envolve os sistemas agroflorestais, como a influência desses sobre a ciclagem de nutrientes e o aporte de matéria orgânica.

### **3.4 Matéria Orgânica do Solo**

A matéria orgânica do solo (MOS) compreende componentes vivos e não-vivos. Os vivos são as raízes de plantas e os organismos do solo, constituindo aproximadamente 4% do

total. Os componentes não-vivos representam a matéria macrorrgânica, constituída de resíduos de plantas em decomposição, as substâncias humificadas e as não humificadas. Sabe-se que a MOS constitui o maior reservatório de carbono da superfície terrestre e que é dinâmico, podendo variar em decorrência de práticas de manejo (Moreira et al., 2006).

A MOS é um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua sob ação de fatores biológicos, químicos e físicos (Camargo et al. 1999), também é considerada como um dos melhores indicadores da qualidade do solo.

A distribuição da matéria orgânica no solo é variável, tanto em profundidade (ao longo do perfil do solo), quanto horizontalmente. Esta distribuição do carbono no solo depende de vários fatores, sendo exemplos o tipo do solo, o relevo, a cobertura ou uso do solo, as condições climáticas, a vegetação natural predominante na área, as práticas de uso e manejo do solo, entre outros. Além da quantidade, a qualidade da matéria orgânica é também de grande importância, uma vez que o carbono é fonte de nutrientes e energia para os microrganismos, além de condicionar funções do solo (Madari et al. 2009).

Entre essas, há um destaque para retenção de água, estruturação do solo, estabilidade, porosidade, retenção e disponibilidade de micro e macronutrientes, cerca de 15 a 80% do P total encontrado no solo pode ser proveniente da matéria orgânica. Em solos brasileiros, a matéria orgânica pode contribuir para até 80% das cargas negativas do solo, e isso explica o fato de a CTC desses solos estar, em grande parte, associada à matéria orgânica do solo. Assim, uma variação na quantidade e qualidade da matéria orgânica pode causar grande efeito sobre as propriedades e processos que ocorrem no sistema solo.

A importância da adição e conservação da MOS nos solos bastante intemperizados como, por exemplo, no semiárido do Nordeste brasileiro, advém do seu baixo teor, associada normalmente ao baixo pH do solo devido à presença de óxidos de alumínio. Por outro lado, nos sistemas agrícolas onde não há entrada de nutrientes de fontes externas, a matéria orgânica do solo (MOS) é a principal fonte de nutrientes, como é o caso da agricultura de subsistência da região semiárida do nordeste do Brasil (Tiessen et al., 2001).

Com os teores de MOS podemos chegar ao estoque de C no solo, onde em regiões semiáridas, os processos de redução se dá de forma mais rápida sobre esses estoques, devido às condições climáticas que favorecem a atividade microbiana, acelerando a decomposição dos resíduos orgânicos depositados no solo. O revolvimento do solo durante as práticas agrícolas acelera a oxidação da matéria orgânica do solo, provocando sua mineralização e, por outro lado, frequentemente intensificando as perdas por erosão. Por outro lado, sistemas mais conservacionistas como os SAF's, que reduzem a erosão e tendem a apresentar incremento de

matéria orgânica na superfície do solo, assim aumentando os estoques de C no solo (Portugal et al., 2008).

### **3.5 Substâncias Húmicas**

A comprovação da MOS em aumentar a capacidade produtiva dos solos, em particular, em solos tropicais, tem incentivado o desenvolvimento de pesquisas visando melhor entendimento da sua dinâmica, especificamente de suas frações estáveis, denominadas de substâncias húmicas (SHs). As SHs podem ser entendidas como produtos das transformações químicas e biológicas dos resíduos vegetais e animais, assim como da atividade dos micro-organismos do solo (Primo et al., 2011).

As SHs, constituintes de aproximadamente 85 a 90% da MOS, consistindo em grande reserva orgânica do solo (Camargo et al.1999). Baseado na sua solubilidade em meios alcalino e ácido, as substâncias húmicas podem ser divididas em ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina. A fração ácidos húmicos é solúvel em meio alcalino diluído, porém é precipitada por acidificação do meio alcalino. A fração ácidos fúlvicos é solúvel em meio alcalino diluído e permanece solúvel quando o extrato alcalino é acidificado. Humina não é solúvel em meio alcalino diluído e ácido, quimicamente as três frações são similares, mas diferem entre si em peso molecular, características analíticas e conteúdo de grupos funcionais (Gomes et al., 1998).

As substâncias húmicas interagem com o material mineral, interferindo, assim, na dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta, e exercendo um papel primordial na manutenção da fertilidade do solo, termo cujo o conceito global se estende também as propriedades físicas e biológicas (Mendoza, 1996). A natureza do húmus do solo pode variar substancialmente com o clima e vegetação do próprio solo (Fontana et al., 2001), a importância das frações humificadas na dinâmica dos elementos no solo, se estende também às interações com os fertilizantes, podendo aumentar ou reduzir sua efetividade, além de amortecer os efeitos adversos de altas doses, regulando desta forma, as condições de nutrição mineral das plantas. A quantidade e a proporção com que estas frações são encontradas nos solos tem servido como indicador de qualidade dos solos em diversos trabalhos, devido à forte interação das substâncias húmicas com o material mineral do solo.

As frações da MOS podem desempenhar atividades distintas no sistema solo, segundo Silva et al., 2007, a ação direta das SHs sobre o crescimento das plantas tem sido centradas principalmente, sobre os AF, a fração humificada considerada de menor massa molecular e maior solubilidade e mobilidade no solo, são também os principais responsáveis por mecanismos de transporte de cátions no solo (Barreto et al., 2008). Os ácidos húmicos são os compostos mais estudados e apresentam pouca solubilidade na acidez normalmente encontrada em solos tropicais, responsáveis pela maior parte da CTC de origem orgânica em camadas

superficiais. Já a fração Humina está mais ligada ao condicionamento do solo apesar de apresentar baixa reatividade, é responsável pela agregação das partículas e, na maioria dos solos tropicais, representa boa parte do C humificado do solo, cerca de 30 a 80%.

### **3.6 Fração Leve do Solo**

A matéria orgânica do solo desempenha um papel fundamental no entendimento dos agroecossistemas, visto que possui um heterogêneo conjunto de materiais orgânicos, que difere em composição, grau de disponibilidade para a microbiota e função no ambiente. Diante deste fato, torna-se importante proceder a algum tipo de fracionamento, com o intuito de identificar os componentes homogêneos em relação às propriedades, à dinâmica e à função, que levam a MOS a alterar as propriedades do solo e do ambiente (Campos, 2003).

No fracionamento físico, a separação da MOS pode ser efetuada pelo fracionamento densimétrico ou granulométrico. O primeiro permite o isolamento e a quantificação dos compartimentos mais lábeis, fração leve livre e intra-agregado, formados principalmente por resíduos orgânicos em diferentes decomposições. O fracionamento granulométrico permite o estudo dos compartimentos mais humificados ligados à fração mineral do solo, areia, silte e argila, tipicamente mais estáveis às mudanças nos ambientes do solo provocadas pelo manejo (Rita, 2007).

Estudos tem demonstrado que a matéria orgânica leve ou fração leve livre (FLL) e a mais afetada por manejos mais intensivos do solo que o C orgânico total (COT), fazendo com que o seu uso como indicador mais sensível as mudanças de uso e manejo do solo tenha sido recomendado (FREIXO et al., 2002). A fração leve (FL) da MOS é derivada de resíduos de plantas, raízes e hifas que ainda representam estruturas celulares reconhecíveis. Por ser sensível às práticas de manejo, a determinação da FL é importante na avaliação da qualidade do sistema de manejo em curto prazo (Rangel & Silva, 2007).

A matéria orgânica leve é formada por resíduos orgânicos parcialmente humificados em vários estádios de decomposição e apresenta um tempo de residência no solo entre 1 a 5 anos, o acúmulo de MOL resulta em maior fornecimento de substrato para o crescimento microbiano, o que reflete em liberação de nutrientes por meio da ciclagem da biomassa microbiana, além de recuperar o equilíbrio biológico do solo e melhorar sua qualidade (Loss et al., 2010), as variações do conteúdo da fração leve são resultantes das mudanças na quantidade e qualidade dos resíduos vegetais adicionados ao solo, da relação entre a entrada por superfície e subsuperfície destes resíduos e, principalmente, das diferentes formas de manejo adotadas (Barreto et al., 2008).

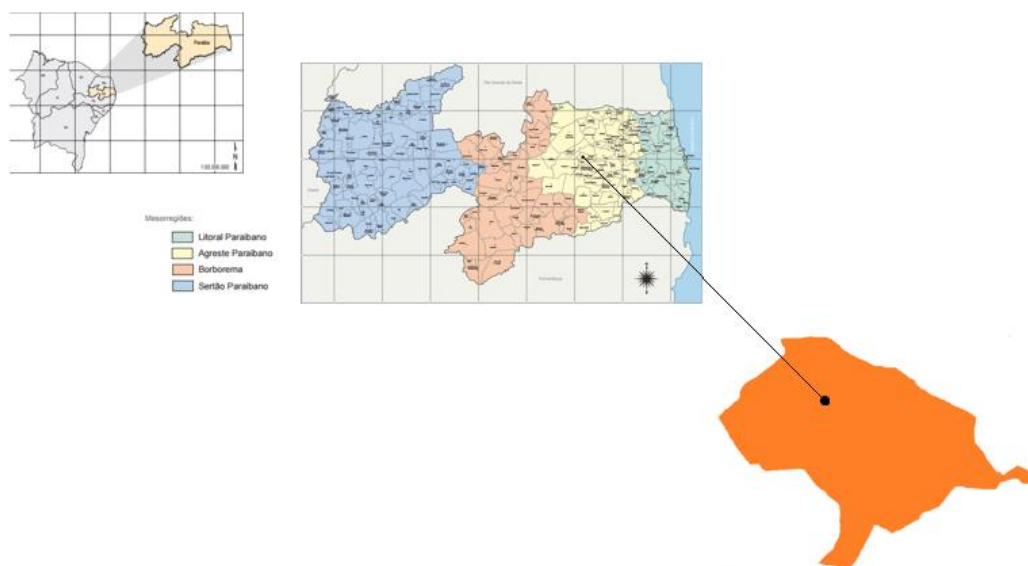
O fracionamento granulométrico da MOS consiste na separação de duas frações orgânicas: o carbono orgânico particulado (COp) e o carbono orgânico associado aos minerais (COam). O

COp é a fração da MOS separada por dispersão e peneiramento do solo associada à fração areia (COp > 53µm), sendo caracterizado como partículas derivadas de resíduos de plantas e hifas com estrutura celulares reconhecíveis, cuja permanência no solo está condicionada à proteção física desempenhada por agregados (loss, et al., 2008). O COam é a fração da MOS associada às frações silte e argila do solo (COam < 53µm), sendo definida como a fração da MOS que interage com a superfície de partículas minerais, formando os complexos organominerais, estando protegida pelo mecanismo de proteção coloidal.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área

As amostras de solo estudadas foram coletadas em duas propriedades agrícolas localizadas no Agreste paraibano, no município de Esperança (Figura 1), localizado geograficamente sob as coordenadas 07° 01'22'' de latitude Sul e 35° 51'36'' de longitude a Oeste do meridiano de Greenwich e a uma altitude de 631 m acima do nível do mar, o clima é do tipo As, conforme a classificação de Köppen. A classe de solo predominante nas áreas a serem avaliadas é o Neossolo regolítico, de textura arenosa.



**Figura 1:** Localização do município de Esperança no Estado da Paraíba – Brasil.

Os sistemas agroflorestais que foram avaliados apresentam diferentes tempos de implantação. Em uma das áreas, o SAFs foi implantado em 2000, sendo manejado há 15 anos, com espécies florestais típicas da Caatinga e na outra área encontra-se em fase de

implantação, com apenas 1 ano, cujo seu histórico de uso foi o cultivo de feijão e mandioca e atualmente encontra-se coberto com gramíneas, porém sem pastoreio de gado a cerca de 5 anos. Por fim a terceira área selecionada é manejada com agricultura convencional, cultivada com milho e feijão, cuja adubação é realizada com aplicação de esterco de bovino.

Em cada área selecionada foram delimitados 3 quadrantes de aproximadamente 25 m<sup>2</sup>, sendo coletadas 5 amostras simples em cada quadrante nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e conduzidas ao laboratório, onde as amostras foram secas ao ar, destorroadas, e passadas em peneira de malha de 2 mm.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Matéria Orgânica do Solo da UFPB, e constaram de: carbono orgânico total (COT) (Yeomans & Bremner, 1988); pH em água (1:25); P extraível com Mehlich-1; K e H+Al extraível por Mehlich-1; Al extraído com solução de oxalato de amônio 0,2 mol L<sup>-1</sup> a pH seguindo a metodologia descrita em Donnagema et al., (2011). Fracionamento químico da matéria orgânica, com extração das substâncias húmicas (Benites et al. 2003) e o fracionamento físico da matéria orgânica, de acordo com a metodologia de Cambardella e Elliot (1992). (Tabela 1).

**Tabela 1:** Caracterização química de um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm.

Profundidades	Características					
	pH H <sub>2</sub> O	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	N mg g <sup>-1</sup>	P mg g <sup>-1</sup>	K mg g <sup>-1</sup>
<b>AC</b>						
<b>0-10</b>	6,03	12,60	1,44	1,30	0,54	0,20
<b>10-20</b>	5,89	5,30	1,30	0,86	0,56	0,24
<b>20-40</b>	5,90	4,40	1,07	0,91	0,40	0,20
<b>40-60</b>	5,43	4,40	1,30	2,25	0,59	0,22
<b>SAF-1</b>						
<b>0-10</b>	5,87	1,85	0,12	3,05	0,61	0,04
<b>10-20</b>	6,13	1,03	0,09	2,39	0,25	0,03
<b>20-40</b>	6,12	1,08	0,13	2,45	0,21	0,02
<b>40-60</b>	6,21	0,66	0,17	2,21	0,28	0,02
<b>SAF-15</b>						
<b>0-10</b>	5,25	2,05	0,16	1,99	0,32	0,08
<b>10-20</b>	5,21	1,06	0,14	1,04	0,14	0,08
<b>20-40</b>	5,16	1,50	0,19	1,02	0,08	0,07
<b>40-60</b>	5,06	1,63	0,22	0,88	0,10	0,08

pH; P - fósforo total; K- Potássio extraível por Mehlich-1; H + Al- Hidrogênio mais Alumínio: Al- Alumínio; N- Nitrogênio total.

#### 4.2 Carbono orgânico total do Solo

O carbono total foi quantificado por oxidação da matéria orgânica via úmida, com fonte externa de calor segundo Yeomans e Bremner, (1988). As amostras foram trituras em

almofariz e passadas em peneira de 60 Mesh, em seguida pesou-se 300 mg (0,3 g) de cada amostra com repetição analítica (triplicata), em tubos de digestão de 100 ml. Foi adicionado nos mesmo 5 mL da solução de  $K_2Cr_2O_7$  0,167 mol L<sup>-1</sup> e em seguida 10 mL de  $H_2SO_4$  p.a. concentrado, realizando uma leve agitação, evitando movimentos bruscos que resultasse na aderência de partículas nas paredes dos tubos, essa etapa foi realizada em capela de exaustão de ar.

Foi preparado também amostras que foram utilizadas como controle (brancos aquecidos e não aquecidos, perfazendo um total de seis tubos), neles foi acrescentado apenas as soluções sem a presença do solo ou resíduo. Em seguida os tubos foram colocados em bloco digestor a uma temperatura de 170°C, durante 30 minutos. O aumento da temperatura do bloco foi gradativo para evitar trincas ou rachaduras nos tubos de digestão. Três dos tubos que contêm os brancos não foram aquecidos, mantidos em local fora do bloco para posterior análise.

Decorrido o tempo de digestão das amostras, os tubos foram removidos do bloco digestor e mantidos na capela para resfriar durante 20 minutos. O material presente em cada tubo foi transferido para erlenmeyers de 250 mL devidamente identificado. Nessa etapa foi adicionado água destilada (1 a 2 mL) nos tubos de digestão para facilitar a remoção da solução. Em cada erlenmeyer foi acrescentado 10 ml de  $H_3PO_4$  p.a. concentrado e posteriormente água destilada elevando o volume para 50 ml, a adição de ácido fosfórico e água ajudam a visualizar o ponto de viragem do indicador.

Para o processo de titulação, a bureta foi lavada com a solução titulante de  $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$  0,4 mol L<sup>-1</sup> para evitar possíveis erros e contaminações durante o processo. As amostras foram lidas na seguinte ordem: os controles Brancos Não Aquecido (BNA) em seguida as amostras dos Brancos Aquecidos (BA), posteriormente o restante das amostras, foi adicionado cerca de 0,3 mL (3 a 4 gotas) do indicador difenilamina no erlenmeyer imediatamente antes da titulação evitando sua desativação. A leitura dos Brancos Aquecidos sempre dará menor que os Brancos não aquecidos e maior que as amostras contendo solo. O ponto de viragem ocorreu quando a cor da solução variou do marrom para um verde intenso. O cálculo do conteúdo de carbono nas amostras utiliza os volumes gastos nas referidas amostras.

#### **Cálculo para quantificar o C-total (mg g<sup>-1</sup> de solo)**

$$A = \frac{(BA - S) \times (BNA - BA)}{BNA} + (BA - S) \quad (1)$$

$$C - total = \frac{(A) \times (Molaridade\ do\ SFA) \times (0,003) \times (100)}{Peso\ da\ Amostra\ (g)} \quad (2)$$



Onde:

A = Fator de correção.

Molaridade do SFA = Molaridade do sulfato ferroso amoniacal ( $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ )

BA = Média da leitura dos brancos aquecidos.

S = Média da leitura das amostras (repetições analíticas).

BNA= Média da leitura dos brancos sem aquecimento

0,003 = Referente à razão  $[(0,001 \times 12)/4]$ , onde 0,001 é o fator para transformar em  $\text{g mmol}^{-1}$ ; 12 é o peso atômico do carbono e 4 é o número de elétrons transferidos no processo de oxidação  $[\text{C(0)} \rightarrow \text{C(IV)}]$ ;

### 4.3 Substâncias Húmicas

A extração e fracionamento das substâncias húmicas nas amostras, seguiu a Metodologia baseada em Benites et al. (2003). Pesou-se 1 g de solo; previamente passado em peneira de malha de 60 Mesh, em tubo centrifuga, adicionou 10 ml de NaOH  $0,1 \text{ Mol L}^{-1}$  e agitou por 4 horas em mesa agitadora horizontal e descansou por 24 horas. Após esse tempo, centrifugou-se por 5 minutos a 6000 rotação por minuto (RPM), em seguida, o sobrenadante (solução alcalina) foi transferido para recipientes devidamente identificados. Adicionou novamente 10 ml de NaOH  $0,1 \text{ Mol L}^{-1}$  nos tubos de centrífugas e agitou manualmente até o precipitado desprender-se do fundo dos tubos e deixou em descanso por mais 1 (uma) hora. Após, centrifugou-se por 5 minutos a 6000 (RPM) e o sobrenadante foi colocados junto aos anteriores contidos nos copos.

O precipitado foi retirado dos tubos falcon com auxílio de água e bastão de vidro; vale ressaltar, que nesta etapa é essencial a prática do laboratorista, pois se faz necessário utilizar o mínimo de água possível nesta operação, para não estender de mais a etapa seguinte, a secagem, que deve ser realizada em estufa a  $60^\circ \text{C}$ , que pode durar de 1 (um) a 3 (três) dias, obtendo assim a humina, que é insolúvel em meio básico.

Na solução contida nos copos, adicionou  $\text{H}_2\text{SO}_4$  cerca de 2 ml, até baixar o pH para 1,5 ( $\pm 0,5$ ), e foi posto para descansar por um período de 16 a 18 horas, para haver a separação das frações, ácidos húmicos que apresenta baixa solubilidade em meio ácido, é, portanto, precipita e o ácido fúlvico que apresenta maior solubilidade em meio ácido e dissolve-se na solução.

Após o tempo de descanso (16 a 18 horas), a solução contida nos copos, foi transferida para tubos falcon, centrifugado por 5 (cinco) minutos a 5000 RPM, o sobrenadante (ácido fúlvico) foi transferido para outro tubo falcon, tendo o seu volume completado para 50 ml, o precipitado (ácido húmico) foi dissolvido com hidróxido de sódio tendo o seu volume completado para 50 ml.

#### 4.3.1 Determinação das frações húmicas

##### a) Ácidos Fúlvicos e Húmicos

Para a determinação da fração ácido húmicos (AH) ou fúlvicos (AF), pipetou-se uma alíquota de 5 (cinco) ml do extrato ácido húmicos ou extrato ácido fúlvico contido nos tubos falcon em tubos de digestão, acrescentou 1 (uma) ml de Dicromato de Potássio a  $0,042 \text{ mol L}^{-1}$  e 5 (cinco) ml de Ácido Sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, levado ao bloco digesto, aquecido a  $150^\circ\text{C}$  por 30 minutos. Em seguida a solução contida nos tubos de digestão teve seu volume completado para 50 ml e transferida para erlemey de 250 ml, adicionou-se 3 (três) gotas do indicador ferroym e titulou-se com Sulfato Ferroso amoniacal hexa hidratado a  $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ . A cor de viragem vai do verde para um vermelho vinho.

Determinação do teor de C para o AH e AF (g/mg de solo);

$$X(\text{C do AH e AF}) = (V_{bq} - V_{ti}) \times NSF \times \left(\frac{12}{4}\right) \times \left(\frac{50}{\text{alíquota}}\right) \times \left(\frac{1}{P}\right) \quad (3)$$

Onde:

X = carbono da fração ácido húmico e fúlvico  $\text{mg g}^{-1}$ ;

V<sub>bq</sub> = Volume gasto na titulação do branco quente;

V<sub>ti</sub> = Volume gasto na titulação da amostra;

NSF<sub>corri</sub> = volume do dicromato x normalidade) / volume gasto na titulação do branco frio;

Alíquota = volume pipetado do extrato ácido húmico ou fúlvico;

P = massa usado na separação das frações húmicas.

##### b) Humina

Para a determinação da fração humina (H), pesou-se 3 (três) mg do resíduo contido nos copos que estavam na estufa (humina) em tubos de digestão, adicionou-se 5 (cinco) ml de Dicromato de Potássio a  $0,167 \text{ mol L}^{-1}$  e 10 (dez) ml de Ácido Sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, levado ao bloco digestor e aquecido a  $150^\circ\text{C}$  por 30 minutos. Em seguida a solução contida nos tubos de digestão teve seu volume completado para 50 ml e transferida para erlemey de 250 ml, adicionou-se 3 (três) gotas do indicador ferroym e titulou-se com Sulfato Ferroso amoniacal hexa hidratado a  $0,250 \text{ mol L}^{-1}$ . A cor de viragem e do marrom para um vermelho vinho.

Determinação do teor de C (g/mg de solo);

$$X(C \text{ da Humina}) = (V_{bq} - V_{ti}) \times NSF \times \left(\frac{12}{4}\right) \times \left(\frac{1}{P}\right) \quad (4)$$

Onde:

X = carbono da fração humina g mg<sup>-1</sup>;

V<sub>bq</sub> = Volume gasto na titulação do branco quente;

V<sub>ti</sub> = Volume gasto na titulação da amostra;

NSF<sub>corri</sub> = (volume do dicromato x normalidade) / volume gasto na titulação do branco frio;

P = massa usado na determinação da humina.

#### **4.4 Fracionamento Físico da Matéria Orgânica do Solo**

##### **4.4.1 Fracionamento Granulométrico**

O fracionamento físico granulométrico será determinado segundo metodologia de Cambardella e Elliot (1992). Foi pesado 15 g de solo em tubos de centrífuga, previamente passados em peneira de 2mm, e em seguida acrescentou-se 45 ml da solução hexametáfosfato de sódio (5g L<sup>-1</sup>), as amostras foram agitadas em agitador horizontal por 16 horas, após essa etapa passou-se as amostras em peneira de 53 µm, com ajuda de uma piceta retirando todo material aderido no fundo do tubo. O material retido na peneira foi o carbono particulado mais a fração areia, e o que passou pela peneira é o carbono associado ao silte mais argila, que pode ser estimado pela diferença entre o carbono total do solo menos o carbono orgânico particulado. Com ajuda novamente da piceta se retirou o material da peneira para placas de petri, onde foram secadas em estufa a 50°C.

Após este procedimento com o material já seco, as amostras foram pesadas e homogeneizadas em almofariz, em seguida foi pesado 0,3 g do material em tubos de digestão, todas as amostras em três repetições. A partir dessa etapa os procedimentos são os mesmo para quantificar o carbono total de acordo com o item 3.1.

##### **4.4.2 Matéria orgânica leve**

O fracionamento físico da matéria orgânica do solo foi também realizada através da determinação da matéria orgânica leve (MOL) segundo metodologia de Anderson e Ingram (1989). Foi pesado 25 g da amostra (TFSA) em bécher de 100 ml, onde foi adicionado 50 ml da solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Em seguida o material foi deixado em repouso por uma noite. Decorrido o tempo, agitou-se com bastão de vidro onde todo o material passou numa peneira de 0,25 mm, eliminando toda argila. O material retido na peneira (MOL e areia) foi colocado em

um instrumento onde a areia decanta e o material flotado (em suspensão) fica retido em peneira de 0,25 mm. Em seguida a MOL foi colocada em placas de petri, onde foram secadas em estufa a 50°C.

#### 4.5 Estoque de Carbono

O estoque de carbono foi estimado pela seguinte fórmula:

$$Est. = D \times COT \times E \times 10.000m^2 \quad (5)$$

Onde:

Est. = estoque de carbono na respectiva profundidade;

D = densidade do solo ( $g\ cm^{-3}$ );

COT = carbono total;

E = espessura da coluna de solo.

#### 4,6 Análise estatística

O trabalho seguiu o esquema fatorial 3 áreas x 4 profundidades, e as médias obtidas foram submetidas ao teste de TUKEY, a 5% de probabilidade.

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 Teor de carbono orgânico total e estoque de C

O carbono orgânico total (COT), observou-se uma tendência decrescente com o aumento da profundidade em todas as áreas, mas não se diferenciaram de acordo com o teste de médias, exceto na área AC como mostra a Tabela 2, onde as duas primeiras profundidades de 0-10 e 10-20 apresentaram maiores valores de COT em relação as demais, supõe-se que esses valores é devido ao sistema radicular de culturas anuais implantadas nessa área, em um determinando momento do ano, essa afirmativa se comprova ainda mais quando observamos profundidades superiores a 20 cm, onde o COT decresce de forma significativa. Segundo Pinheiro et al., (2004) afirmaram que, dependendo do tipo de uso do solo, o teor de C pode ser maior nos primeiros cinco centímetros ou mais uniforme em profundidade, onde possivelmente a camada de 0-10 desse trabalho foi espessa para apresentar diferença significativa, nas áreas com SAF-1 e SAF-15 em relação as demais profundidades.

**Tabela 2:** Teor de carbono orgânico total (COT), em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm.

Profundidades cm	Sistemas de uso		
	AC	SAF-1	SAF-15
	COT, mg g <sup>-1</sup>		
<b>0-10</b>	9,68 Ab	12,83 Aa	13,25 Aa
<b>10-20</b>	10,46 Aa	11,44 Aa	11,47 Aa
<b>20-40</b>	5,98 Bb	10,68 Aa	11,34 Aa
<b>40-60</b>	5,96 Bb	10,95 Aa	11,20 Aa

Área de agricultura convencional (AC), área sob sistema agroflorestal em fase de implantação com 1 ano (SAF-1), área sob sistema agroflorestal com 15 anos (SAF-15). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de TUKEY, a 5% de probabilidade.

Comparando o COT em profundidades nas diferentes formas de uso, verifica-se que a área com SAF-15 não diferenciou da área com SAF-1, mas ambas diferenciaram-se da área de AC apresentado maiores valores de COT exceto na profundidade de 10-20 (Tabela 2), nas demais camadas a área de AC apresentou baixos teores de COT. Os maiores valores de carbono total nas áreas com SAF-1 e SAF-15 é resultado do maior aporte de material orgânico proporcionado pelas áreas, como também ao menor revolvimento e maior preservação dos macroagregados do solo, e que, por esses motivos, os teores de COT permaneceram elevados. Já a área de AC mesmo sendo adubada com esterco bovino anualmente, esse substrato não é direcionado apenas para melhoria da qualidade solo, mas como fonte principal de nutrientes para culturas anuais, onde na maioria das vezes até a palhada das culturas são retiradas também, para serem fornecidas como forragem aos animais.

Os estoques de C nos diferentes sistemas de uso do solo são apresentados na Tabela 3, analisando cada área em profundidade, nota-se que apenas a área AC sofreu diferença estatística após seus 20 cm, onde as primeiras camadas obtiveram os maiores estoques de C, as demais áreas não apresentaram diferença pelo teste de médias, mas percebe-se que a área com SAF-15 teve uma tendência em diminuir seu estoque de C, com o aumento da profundidade, resultado semelhante encontrado na área de SAF-1, Loss et al., (2008) e Balbinot et al., (2003) encontraram em suas pesquisas com SAF's, estoques de C diminuindo em profundidade, já Neves et al., (2004) e Rangel e Silva (2007), trabalhando com diferentes formas de uso, onde incluía áreas com SAF's observaram tendências contrárias em relação ao presente estudo, onde os estoques de C aumentaram em profundidade.

**Tabela 3:** Estoque de Carbono em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm.

Profundidades cm	Sistemas de uso		
	AC	SAF-1	SAF-15
	Estoque de C, kg ha <sup>-1</sup>		
0-10	15,58 Ab	21,61 Aa	21,37 Aa
10-20	16,90 Ab	19,46 Aa	19,21 Aa
20-40	9,98 Bb	18,11 Aa	19,06 Aa
40-60	10,12 Bb	18,46 Aa	18,97 Aa

Área de agricultura convencional (AC), área sob sistema agroflorestal em fase de implantação com 1 ano (SAF-1), área sob sistema agroflorestal com 15 anos (SAF-15). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de TUKEY, a 5% de probabilidade.

Comparando as profundidades nas diferentes formas de uso, observa-se que as áreas com SAF-1 e SAF-15 não se diferenciaram estatisticamente entre si em nenhuma das profundidades, e apresentaram os maiores estoques C em todas as camadas comparando com a área de AC (Tabela 3), resultados diferente ao de Froufe et al., (2011), onde seus valores das áreas de agricultura convencional não se diferenciaram das áreas de SAF's na região do alto vale da Ribeira-SP. Os baixos valores da área de AC são resultados de um intenso revolvimento do solo aumentando assim a oxidação dos compostos orgânicos, ruptura dos agregados e exposição da superfície do solo ao impacto das gotas de chuva, nota-se também que a área com SAF-1 apresentou uma tendência nos primeiros 20 cm de valores maiores que a área com SAF-15, um resultado um pouco curioso, já que a área com SAF-1 tem apenas um ano instalado, contra 15 anos da área com SAF-15, esses valores podem ser resultados da atividade anterior a implantação do sistema agroflorestal na área com SAF-1, onde também era uma área de produção adubada constantemente com esterco bovino, mas que nos últimos 5 anos estava coberto com gramíneas, porém sem pastoreio de animais.

Pegando os valores da área com SAF-15 verifica-se um acentuado acréscimo no estoque de C, em relação a área de AC, Lima et al., (2011) que também encontraram valores superiores para as áreas de SAF's, afirmaram que o aumento do estoque de C nessas áreas está relacionado à melhoria da qualidade do solo, proporcionado pelo manejo agroflorestal, por meio das interações entre os componentes florestal e agrícola que resultam no maior aporte de fitomassa no solo, associado a tudo isso a ausência de revolvimento do solo dos SAF's proporciona melhores condições para os organismos responsáveis pela fragmentação do material vegetal e ciclagem dos nutrientes.

## 5.2 Matéria orgânica leve (MOL) e carbono da matéria orgânica leve (C-MOL)

O maior teor de MOL na profundidade de 0-10 cm foram encontrados na área com SAF-15, decorrência de uma maior incorporação dos resíduos vegetais proporcionado pelo seu

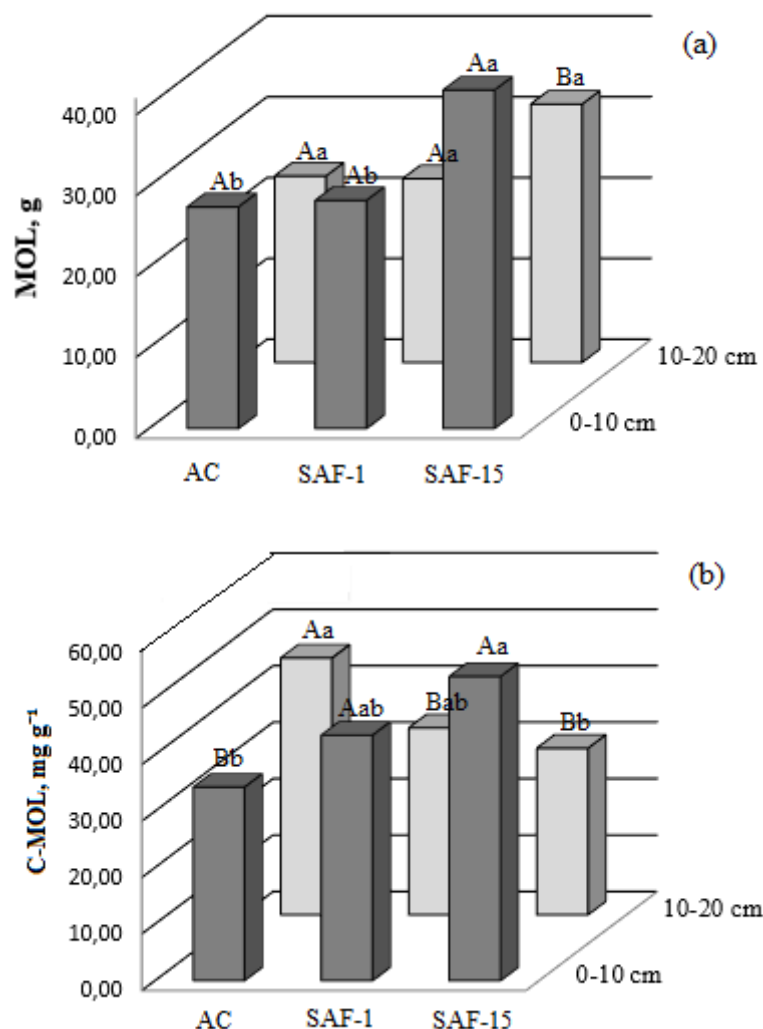
uso, com apenas um ano a área com SAF-1 não obteve diferença estatística em relação a área de AC (Tabela 4), que pelo baixo tempo de implantação e baixo aporte de resíduos vegetais essas áreas respectivamente apresentaram os menos valores, Frazão et al., (2010), trabalhando com Neossolo Quartzarênico com diferentes formas de uso do solo, observou também que as áreas de plantio convencional apresentaram menores teores de MOL nos primeiros 10cm do solo. Já para as camadas de 10-20 os teores de MOL não se diferenciaram estatisticamente entre as áreas, mas se observou uma tendência de maior teor na ordem SAF-15>AC>SAF-1.

**Tabela 4:** Teor da matéria orgânica leve (MOL) e carbono da matéria orgânica leve (C-MOL), em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

Profundidade cm	Sistemas de uso		
	AC	SAF-1	SAF-15
	MOL, g		
0-10	27,41 Ab	28,21 Ab	41,87 Aa
10-20	23,05 Aa	22,71 Aa	31,94 Ba
	C-MOL, mg g <sup>-1</sup>		
0-10	34,27 Bb	43,47 Aab	53,87 Aa
10-20	45,47 Aa	33,07 Bab	29,47 Bb

Área de agricultura convencional (AC), área sob sistema agroflorestal em fase de implantação com 1 ano (SAF-1), área sob sistema agroflorestal com 15 anos (SAF-15). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de TUKEY, a 5% de probabilidade.

Em relação aos teores de carbono da fração leve (C-MOL) nas camadas de 0-10 cm, a área com SAF-15 apresentou uma tendência de maior valor (53,8 mg g<sup>-1</sup> de solo), não tendo diferença estatística da área de SAF-1 (43,5 mg g<sup>-1</sup> de solo), mas apresentou diferença em relação a área de AC (34,2 mg g<sup>-1</sup> de solo), Loss et al., (2010) verificou em profundidades até 0,10 m, maiores teores de C-MOL para áreas com SAF, afirmando que este resultado pode ser decorrente de materiais mais resistentes à degradação presente no solo, uma vez que estas áreas possuem maior diversidade de espécies, com diferentes tamanhos (porte) e sistema radicular, fato similar com nossa área com SAF-15, resultado interessante se observa na profundidade de 10-20, onde o C fração leve da área de AC apresentou o maior valor em relação a área com SAF-15 resultado inverso a MOL como podemos observar no Figura 3, esse valor evidência o efeito da adubação orgânica feito na área, e com a forma convencional de plantio promove a incorporação dos resíduos em profundidade, resultado semelhante foi encontrado por Frazão et al., (2010), onde a área com plantio convencional apresentou maiores teores C-MOL em profundidades superiores a 5cm, em relação as demais formas de uso.



**Figura 2:** Peso da fração leve da matéria orgânica, MOL (a) e teores de carbono na fração leve (C-MOL) da matéria orgânica (b) em solos submetidos a diferentes usos, nas profundidades de 0–10 e 10–20 cm. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre as colunas da mesma área e minúscula na mesma profundidade entre as áreas, não diferem entre si pelo teste de TUKEY, a 5% de probabilidade

### 5.3 Carbono Orgânico particulado COP

A fração particulada da matéria orgânica (>53  $\mu\text{m}$ ), apresentou maiores valores na área com SAF-15 e em todas as profundidades em relação as demais áreas que não se diferenciaram entre si, essa variável mostra ser mais sensível, mostrando o maior aporte de C na área com SAF-15, consequência de um maior incremento de material orgânico no sistema (Tabela 5), nota-se também que mesmo não diferenciando pelo teste de médias, os valores da área com SAF-15 tendem a diminuir em profundidade como na área com SAF-1, resultado de um incorporação na camada superficial que vem refletindo nas camadas subjacentes, valores contrários a área AC que mesmo não se diferenciando estatisticamente em profundidade, o COP tem uma tendência de aumentar em profundidade, induzindo que essa área nas está atendendo a



um aporte de material orgânica nas camadas superfícies e que provavelmente esse maior valor do COp em profundidade seja um C de atividades anteriores a atual.

**Tabela 5:** Teores do Carbono orgânico particulado (COp), em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0–10, 0–20, 20–40 e 40–60 cm.

Profundidades cm	Sistemas de uso		
	AC	SAF-1	SAF-15
		COp, mg g <sup>-1</sup>	
0-10	0,38 Ab	0,63 Ab	2,03 Aa
10-20	0,42 Ab	0,49 Ab	1,88 Aa
20-40	0,22 Ab	0,45 Ab	1,57 Aa
40-60	0,70 Ab	0,42 Ab	1,65 Aa

Área de agricultura convencional (AC), área sob sistema agroflorestal em fase de implantação com 1 ano (SAF-1), área sob sistema agroflorestal com 15 anos (SAF-15). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de TUKEY, a 5% de probabilidade.

Conceição et al., (2005) trabalhando com diferentes formas de uso do solo, obteve resultados parecidos com o do presente trabalho, onde COp obteve maiores valores nas camadas superficiais de 0-5 em sistemas como plantio direto, e afirma que o COp poderia ser utilizado como indicador da qualidade do solo para avaliar sistemas de manejo recentes, nos quais as alterações no COT do solo ainda não tenham sido de grande magnitude, Já Loss et al., (2008) trabalhando também com diferentes formas de uso do solo em duas estações do ano, observaram que no inverno o SAF com cinco anos de implantação, tem o maior teor COp do que as demais formas de uso, mais no verão o COp dessa área fica abaixo de quase todas as formas de uso, inclusive áreas com plantio convencional.

#### 5.4 Substâncias Húmicas

De acordo com a Tabela 6, verificamos os teores de carbono nas frações ácido fúlvico (C-FAF), ácido húmico (C-FAH) e humina (C-FH), nas diferente áreas e profundidades. Como podemos observar a fração ácido fúlvico apresentou um comportamento bem dinâmico por ser mais solúvel e móvel entre as três frações, mas de forma geral decrescente em relação a profundidade dentro de cada área, resultado contrário a trabalho realizado no sul da Bahia com diferentes formas de uso do solo (Barreto et al., 2008), onde a FAF apresentou valores crescente com o aumento da profundidade. Exceto na área de agricultura convencional, onde os teores de carbono na FAF não se diferenciaram. Verificamos que na área de SAF-1 apenas a primeira profundidade se diferenciou das demais, esse resultado pode estar ligado ao aporte de material orgânico que essa área já vem oferecendo, pelo pouco tempo, cerca de um ano, só se repercutiu nos primeiros 10 cm de profundidade.

**Tabela 6:** Teores de C orgânico nas frações ácido fúlvico, ácido húmico e humina, em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0–10, 0–20, 20–40 e 40–60 cm.

Profundidades cm	Sistemas de uso		
	AC	SAF-1	SAF-15
<b>Ácido Fúlvico, mg g<sup>-1</sup></b>			
<b>0-10</b>	0,90 A b	1,14 A ab	1,21 A a
<b>10-20</b>	0,83 A a	0,51 B b	0,95 AB a
<b>20-40</b>	0,70 A a	0,51 B a	0,61 C a
<b>40-60</b>	0,93 A a	0,53 B b	0,74 BC ab
<b>Ácido Húmico, mg g<sup>-1</sup></b>			
<b>0-10</b>	1,23 A b	1,42 A b	1,89 A a
<b>10-20</b>	1,12 A a	1,14 AB a	1,44 B a
<b>20-40</b>	0,96 A a	1,10 AB a	1,12 BC a
<b>40-60</b>	0,85 A a	1,00 B a	1,01 C a
<b>Humina, mg g<sup>-1</sup></b>			
<b>0-10</b>	6,50 A a	5,13 Ab	6,99 A a
<b>10-20</b>	5,91 AB a	3,30 Bb	5,50 B a
<b>20-40</b>	4,84 B a	2,41 B b	3,86 C a
<b>40-60</b>	4,81 B a	3,52 B b	3,44 C b

Área de agricultura convencional (AC), área sob sistema agroflorestal em fase de implantação com 1 ano (SAF-1), área sob sistema agroflorestal com 15 anos (SAF-15). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de TUKEY, a 5% de probabilidade.

Já na área com sistema agroflorestal a 15 anos, notamos diferentes teores de C em profundidades maiores que 20 cm, em relação aos primeiros 10 cm, concluindo que essa área está tendo uma maior produção de material orgânico em relação as demais, e que esse material está se deslocando verticalmente, melhorando a qualidade do solo em profundidades. Observando agora os teores de carbono da FAF em profundidades entre as áreas, podemos notar a área com SAF-15 obteve maior valor em relação a área de agricultura convencional na primeira profundidade, evidenciando mais uma vez o maior aporte de C orgânico da área com SAF-15.

Verificou-se também baixos valores da FAF apresentado pela área com SAF-1, na profundidade de 10-20 em relação as demais áreas (Tabela 6), implica dizer que a área de AC por apresentar gramíneas em certo momento do ano, contribuiu para o fornecimento de C orgânico, por meio da renovação do sistema radicular favorecendo a decomposição constante da matéria orgânica, propiciando a decomposição da fração facilmente biodegradável, como observaram Fontana et al. (2001) e também pode ser resultado da adição orgânica com esterco bovino feita na área anualmente pelo proprietário, diferente da área com SAF-1, onde espécies arbóreas foram recentemente implantadas e não tem ainda uma alta produção de material vegetal dessas espécies, além disso na região o desenvolvimento dessas espécies é um pouco lento, por conta das condições climáticas. Longo e Espíndola (2000), trabalhando com

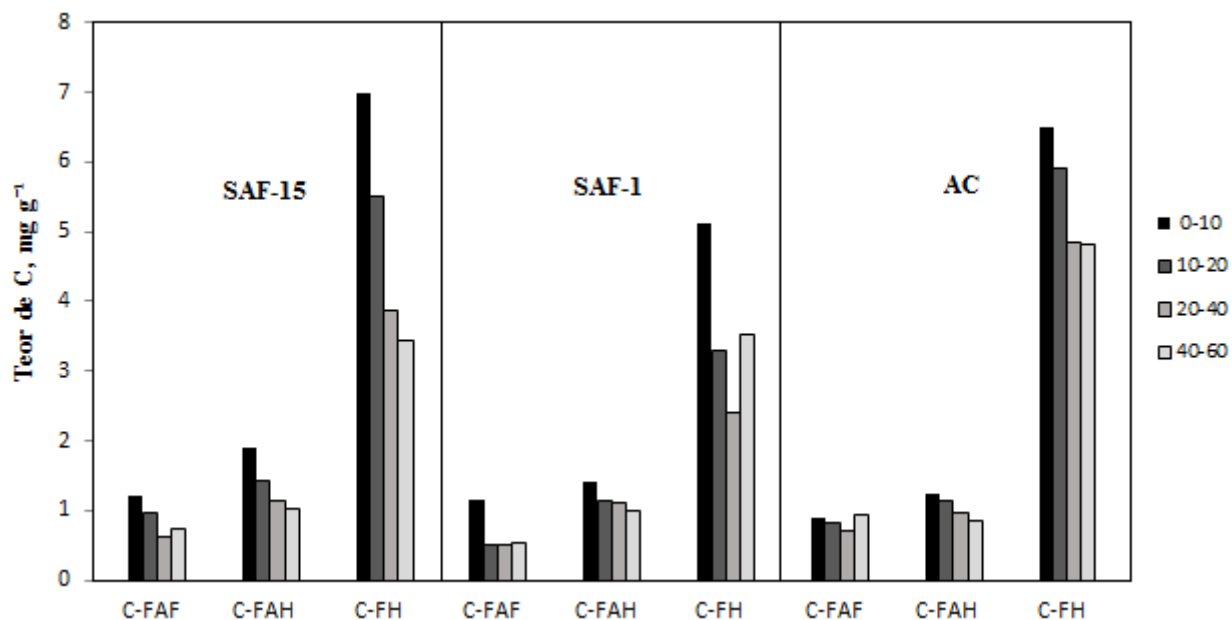
influência da implantação de pastagem no cerrado, destaca o C-FAF de precipitação, por apresentar maiores valores em perfis subjacentes, apresentando relativa resistência à biodegradação e aparecendo fortemente ligado ao material mineral, resultado semelhante encontrado nesse trabalho, onde a área de AC em profundidade de 40-60 cm apresentou maior valor em relação às demais áreas.

O ácido húmico (C-FAH), obteve os maiores valores na camada de 0-10, e se comportou de forma decrescente em profundidades em todas as áreas, mas não se diferenciou estatisticamente na área de AC de acordo com a Tabela 6. Vê-se também que na área com SAF-1, a quantidade de carbono da primeira profundidade só se diferenciou da última camada de 40-60 cm, essa observação pode estar relacionada ao fato de que o C-FAH não é tão solúvel como o C-FAF, é menos móvel no solo, concentrando-se nas camadas superiores, trata-se de uma fração insolúvel em meio ácido, característica frequente em regiões de solos tropicais e subtropicais, como destacam Souza & Melo (2003), mais isso nos mostra também que a atividade realizada nesta área está propondo humificação do material orgânico, com a formação do C-FAH, diferente da área de AC onde essa fração permanece constante em profundidade. Esse processo pode ser evidenciado ainda mais na área com SAF-15, onde a deposição de material orgânico já se tem por um maior tempo, e podemos verificar que os teores do C-FAH se diferenciam a partir da segunda profundidade, mostrando que o material está sendo constantemente humificado e lixiviado, se comparamos com a área de AC, diferenciando de Barreto et al., (2008), onde a área com sistema agroflorestal, só diferenciou nos primeiros 10 cm das demais em relação a FAH.

Quando comparamos as profundidades entre as áreas, detectamos uma tendência do C-FAH na área com sistema agroflorestal 15 anos, ser maior que a área com SAF-1 e a área de AC em todas as profundidades estudadas, mas apenas nos primeiros 10 cm ela se apresenta maior que as demais segundo o teste de médias, com valores médios de  $1,88 \text{ mg g}^{-1}$  da área com SAF-15 contra  $1,23 \text{ mg g}^{-1}$  na área de AC e  $1,42 \text{ mg g}^{-1}$  na área com SAF-1, notamos também uma tendência da FAH na área com SAF-1, ser maior em todas as profundidades em relação a área de AC, mas perante a estatística, não se diferenciaram entre si.

A fração húmica apresentou-se semelhante às demais frações, onde seu conteúdo de carbono decresce em profundidade em todas as áreas analisadas, resultado distinto ao de Barreto et al., (2008), onde os valores da fração H aumentaram de acordo com a profundidade, nas áreas de pastagem, cacau e mata. Na área de AC apenas a partir dos 20 cm o teor de C-FH se tornou diferente da camada superficial, diferente das áreas com SAF-15 e SAF-1, onde já se consegue notar diferenças a partir dos 10 cm, supõe-se que a área de AC parece estar mais estável em profundidade em relação a área com SAF-15, já que nesta última área os teores de C-FH variam a cada 10 cm até os 40 cm, onde não mais se diferenciam estatisticamente, depreende-se então

que área com SAF-15 está sofrendo processo de humificação mais que a área de AC, isso pode ser resultado do maior alcance de raízes na área com SAF-15, chegando a maiores profundidades e também pelo maior aporte de material orgânico.



**Figura 3:** Teores de C nas frações húmicas, ácido fúlvico (C-AF), ácido húmico (C-FH) e humina (C-H) em solo submetido a diferentes formas de uso, área de agricultura convencional (AC), área com sistema agroflorestal a um ano (SAF-1) e área com sistema agroflorestal a 15 anos (SAF-15) em quatro profundidades,

Ao observar os conteúdos de C-FH em profundidade entre as áreas, notamos algumas curiosidades, a qual a área de AC teve uma tendência de ser maior em todas as profundidades, exceto nos primeiros 10 cm em relação a área com SAF-15, mais só diferenciou segundo o teste de médias na camada de 40-60 (Tabela 6), alega-se que essa humina foi resultado das adubações orgânicas com esterco bovino anualmente na área, supõe-se também que esse C-FH teve essa tendência e diferença por ser uma humina herdada da vegetação anterior a aplicação da agricultura convencional na área, onde se apresenta em maiores profundidades, consequentemente uma fração mais difícil de se perder, para Leite et al. (2003), a fração humina apresenta-se de forma mais estável em relação as demais frações, sofrendo menor movimentação no perfil e menor mineralização, Longo e Espíndola (2000) afirmam que a maior permanência da humina no solo deve-se à sua insolubilidade e resistência à biodegradação, ocasionada pela formação de complexos argilo-húmicos, e uma fração que se encontra intimamente associada à fração mineral do solo Canellas et al. (2001).

Já a área com SAF-1 apresentou em todas as profundidades menor valor em relação as demais áreas, mais se olharmos de forma detalhada observamos um valor significativo na primeira profundidade, comparado com as áreas de AC e área com SAF-15, supõe-se que esse C-FH nessa camada seja também uma humina herdada, pelo fato da área está sendo recuperada

à apenas um ano, e possa ser inviável a formação de humina pelo material orgânico que essas espécies recém plantadas estão depositando sobre o solo.

De acordo com a Figura 4, podemos observar de maneira geral o comportamento das frações em cada área estudada, nota-se que a fração humina foi a que apresentou maior conteúdo de carbono em todas as áreas e em todas as profundidades, em relação as demais frações, seguido pelo ácido húmico e fúlvico, esse resultado do C-FH se coincide com Barreto et al., (2008), onde a humina apresentou maior valor em relação as demais frações e em profundidade, em áreas de pastagem, cacau e mata, mas de forma oposta em relação ao ácido fúlvico, que apresentou teor de C maior que a fração ácido húmico. Batista et al., (2015), trabalhando com os principais solos da Paraíba entre eles um Neossolo Regolítico , em mesmas condições climáticas, onde apresentava também um Neossolo regolítico com a prática de agricultura convencional, a mesma ordem das frações em horizonte superficial, resultado semelhante ao presente trabalho, onde a humina apresentou o maior teor de carbono seguido pela fração ácido húmico e fúlvico, segundo Fontana et al., (2010), trabalhando com horizontes superficiais de quase todo Brasil, também observou que a fração humina predominou em quantidade de carbono em relação as demais frações.

### **5.5 Relações entre as frações húmicas**

Segundo Santos (2008), a relação C-FAH/C-FAF, é utilizada para avaliar mobilidade ou potencial de perda do carbono no solo, todas as áreas e profundidades do presente estudo obtiveram valores maiores que 1, indicando que nesses áreas há uma predomínio dos ácidos húmicos sobre os ácidos fúlvicos, exceto a última profundidade da área de AC, Canellas (2001) afirma que quanto mais próximo de 1 a relação C-FAH/C-FAF, maior será o grau de humificação, melhor qualidade do solo, indicando também um material orgânico mais estável melhorando as propriedades físicas e químicas do material. De acordo com a Tabela 7, a área com SAF-1 juntamente com a área com SAF-15 apresentou os maiores valores da relação, consequentemente a área de AC os menores valores, e sempre notando que em todas as áreas uma diminuição da relação em profundidade, Gomes e colaboradores (1998), trabalhando com três áreas de restinga no litoral norte fluminense sob diferentes coberturas vegetais, observou também a diminuição dos valores da relação em profundidade, como resultado de uma maior mobilidade e menor polimerização do C-FAF em relação ao C-FAH, permitindo que o C-FAF estejam presentes em maior proporção nas partes inferiores dos horizontes.

Observando as profundidades em cada área, estatisticamente diferenciou-se muito pouco entre si, como na área de AC apenas a última se diferenciou das demais, já na área com SAF-1 apenas a primeira profundidade diferenciou-se das demais, e a área com SAF-15 apenas a relação da profundidade 20-40 se diferenciou das demais. Comparando a mesma profundi-

entre as áreas, detecta-se diferença significativa a partir da segunda camada, segundo Fontana et al., (2010) a ampla variação dos valores dessas relações é um indicativo da heterogeneidade entre os materiais orgânicos, material de origem desses solos, bem como da diferença de intensidade do processo de humificação da matéria orgânica, para Martins et al., (2009) os solos em geral mais arenosos apresentam valores superiores para a relação AH/AF, o que significa a perda seletiva da fração mais solúvel (AF), coincidindo com valores encontrados no presente trabalho, que apresentava também solos arenosos.

**Tabela 7:** Relações entre as frações húmicas da MOS, em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0–10, 0–20, 20-40 e 40-60 cm.

Profundidades cm	Sistemas de uso		
	AC	SAF-1	SAF-15
		<b>AH/AF</b>	
<b>0-10</b>	1,36 Aa	1,24 Ba	1,56 Ba
<b>10-20</b>	1,35 Ab	2,24 Aa	1,51 Bb
<b>20-40</b>	1,37 Ab	2,14 Aa	1,83 Aa
<b>40-60</b>	0,92 Bc	1,89 Aa	1,38 Bb
		<b>EA/H</b>	
<b>0-10</b>	0,11 Bab	0,16 Aa	0,09 Bb
<b>10-20</b>	0,13 Bab	0,14 Aa	0,12 Ba
<b>20-40</b>	0,15 Bab	0,2 Aa	0,14 Ba
<b>40-60</b>	0,23 Aa	0,16 Ab	0,21 Aab

Área de agricultura convencional (AC), área sob sistema agroflorestal em fase de implantação com 1 ano (SAF-1), área sob sistema agroflorestal com 15 anos (SAF-15). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de TUKEY, a 5% de probabilidade.

Uma outra relação utilizada para indicar o potencial de iluviação da matéria orgânica, é obtida pela divisão do extrato alcalino (EA), que é o resultado da somatória das frações ácido fúlvico e húmico, pela fração humina (Santos, 2008), os baixos valores, indicam a alta estabilidade entre a matéria orgânica e a matriz mineral (Canellas, et al., 2008). Assim quanto a iluviação do carbono dos solos estudado, semelhante à relação AH/AF, apresentaram valores bastantes parecidos, tanto em profundidade dentro de cada área, como em profundidades entre as áreas, nas áreas de AC e SAF-15, as últimas camadas apresentaram maior iluviação em relação as demais, já entre as áreas na camada de 0-10 a área com SAF-1 apresentou maior valor e se diferenciou apenas da área com SAF-15, e na profundidade de 40-60 a área com SAF-15 apresentou maior valor em relação as demais áreas, se diferenciando apenas da área de AC (Tabela 7), esses valores nos mostra a predominância de um carbono insolúvel em relação ao carbono solúvel, indicando uma maior recalcitrância da MOS.

## 5.6 Porcentagem das frações húmicas e COp em relação ao COT

Quando observamos o que cada fração representa no carbono total do solo, temos uma melhor concepção na distribuição das frações em cada área e em cada profundidade estudada, como podemos visualizar na Tabela 8, onde a área AC apresenta em todas as profundidades o C orgânico na forma de húmus residual (humina), acima de 50% do C total, chegando a 85% na camada de 20-40, observa-se também nessa área que a quantidade de C-FH é maior do que nas demais áreas e profundidades, mostrando que o C presente nessa área se encontra em uma forma mais difícil de se perder, e que as frações solúveis que é o caso do extrato alcalino, chega apenas a 30 % nas camadas mais profundas e 22 % nas superficiais, demonstrando uma menor renovação de material orgânico no solo.

**Tabela 8:** Porcentagem do C orgânico das frações ácido fúlvico, ácido húmico, humina e COp no COT, em um Neossolo Regolítico submetido a diferentes formas de uso nas profundidades de 0–10, 0–20, 20-40 e 40-60 cm.

Profundidades cm	Sistemas de uso		
	AC	SAF-1	SAF-15
<b>AF%</b>			
<b>0-10</b>	9,60 BC a	8,82 A a	9,12 A a
<b>10-20</b>	7,97 C a	4,46 B b	8,33 AB a
<b>20-40</b>	12,21 B a	4,81 B b	5,40 B b
<b>40-60</b>	16,08 A a	4,85 B b	6,56 AB b
<b>AH%</b>			
<b>0-10</b>	13,12 AB a	11,05 A a	14,32 A a
<b>10-20</b>	10,69 B a	9,96 A a	12,54 A a
<b>20-40</b>	17,27 A a	10,38 A b	9,88 A b
<b>40-60</b>	14,50 AB a	9,13 A ab	9,04 A b
<b>Hu%</b>			
<b>0-10</b>	69,97 AB a	40,14 A b	52,93 A ab
<b>10-20</b>	56,49 B a	28,84 A b	48,16 A ab
<b>20-40</b>	85,38 A a	22,96 A b	34,23 A b
<b>40-60</b>	83,43 AB a	32,14 A b	30,78 A b
<b>COP%</b>			
<b>0-10</b>	3,55 A b	4,66 A b	15,34 A a
<b>10-20</b>	3,95 A b	4,30 A b	16,39 A a
<b>20-40</b>	3,68 A b	4,23 A b	13,89 A a
<b>40-60</b>	2,92 A b	3,83 A b	14,76 A a

Área de agricultura convencional (AC), área sob sistema agroflorestal em fase de implantação com 1 ano (SAF-1), área sob sistema agroflorestal com 15 anos (SAF-15). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de TUKEY, a 5% de probabilidade.

Ao analisar a área com SAF-1 notamos que ela segue a mesma sequência da área de AC, onde a C-FAF representa a menor parte do COT em relação ao C-FAH e o C-FH, todos

eles sempre tendo um decréscimo em profundidade, ao contrário da área de AC onde os maiores valores estavam sempre nas camadas mais profundas, podemos destacar a FH onde na camada superficial alcançou valores de 40%, mesmo assim ainda notamos que apenas um ano, representa muito pouco em relação a acumulo de material orgânica, mas já podemos notar alguns acréscimos de C das frações nas camadas mais superficiais. Já a área com SAF-15 podemos destacar uma tendência de um maior valor do EA das frações solúveis, um material menos recalcitrante em relação as demais áreas nas primeiras camadas do solo, mais não se diferenciando estatisticamente, mas partindo da comparação com a área com SAF-1, onde apresentavam semelhanças na fase inicial do processo de recuperação, a área com SAF-15 já começa a se destacar no processo de acumulação de C nas frações húmicas.

Observando a Tabela 8, podemos ver o quanto COp representa no COT, considerando que o carbono associado ao silte mais argila (Coam), seja a diferença do COT menos COp, podemos detectar que a grande parte do C está agregado ao silte e argila, em todas as áreas e em todas as profundidades, onde a área de AC apresenta a maior parte do seu C mais que a área com SAF-15, associado as partículas menores que 53  $\mu\text{m}$ , cerca de 96 %, contra 74% da área com SAF-15, isso nos mostra que o C da área de AC é um carbono mais fortemente agregado, resultado da maior degradação do carbono ligado a fração areia, resultado oposto a Martins et al., (2009), onde encontrou para diferentes formas de uso, o maior teor de C ligado as frações menores que 53  $\mu\text{m}$  para todas as formas de uso, mas ele notou que para a área com SAF-15, o intervalo entre as frações diminui também em relação a pastagem por exemplo.



## 6. CONCLUSÕES

- As duas áreas com sistema agroflorestal, apresentou maiores estoques de carbono em todas as profundidades estudadas em relação a área de agricultura convencional, mas não diferiu da área com sistema agroflorestal a 1 (um) ano em nenhuma camada.
- Houve aumento nos teores de carbono da fração leve, nos primeiros 10 cm, nos sistemas agroflorestais, em relação à agricultura convencional.
- A área com sistema agroflorestal há 15 anos apresentou os maiores valores de COp em relação as demais áreas.
- Os teores de C-FAF e C-FAH foram maiores na área de sistema agroflorestal com 15 anos nos primeiros 10 cm, em comparação com a área de agricultura convencional.
- A área de agricultura convencional entre as demais, apresentou os maiores valores da fração humina na última camada estudada, chegando a 80 % do carbono orgânico total.
- A relação C-FAF/C-FAH não diferiu entre as áreas na primeira camada e nas posteriores não seguiu uma sequência, apresentando valores bem variáveis entre as áreas e profundidade, já para a relação EA/C-FH a área com sistema agroflorestal há 15 anos apresentou os menores valores nos primeiros 10 cm.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALMEIDA. A. V. DE D. LIMA. J. R. DE S., SOUZA. E. S. DE, SANTORO. K. R., ANTONINO. A. C. D. Atributos Físicos, Macro e Micromorfológicos de Neossolos Regolíticos no Agreste Meridional de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p.1235-1246, 2015.
- ANDERSON, J.M., INGRAM, J.S.I. 1989. **Tropical soil biology and fertility**: A handbook of methods. CAB International, Wallingford, Estados Unidos. 171 p.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; e BARBOSA, T.M.L. Manejo agroflorestal da Caatinga: uma proposta de sistema de produção. In: OLIVEIRA, T.S.; NUNES JÚNIOR, R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. eds. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza, p. 47-57, 2000.
- BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M. V.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R. Inventário do carbono orgânico em um plantio de Pinus taeda aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 5, no 1, Jan/Jun 2003.
- BARRETO. A. C., FREIRE. M. B., NACIF. P. G. S., ARAÚJO. Q. R., FREIRE. F. J., INÁCIO. E. DOS S. B. Fracionamento Químico e Físico, do Carbono Orgânico Total em um Solo de Mata Submetido a Diferentes Usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1471-1478, 2008.
- BARRETO. A. C., LIMA. F. H. S., FREIRE. M. B. G, DOS S., ARAÚJO. Q. R., FREIRE. F. J. Características Químicas e Físicas de um Solo Sob Floresta, Sistema Agroflorestal e Pastagem no Sul da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v.19, n.4, p.415-425, outubro/dezembro 2006.
- BATISTA, M., C. DIAS, B., DE O. FRAGA, V., DA S. SOUSA, S., M., S., DAS C. SANTOS. R., F., DO. FILHO. J., C., DE A. Influência das zonas climáticas sobre os teores de Substâncias Húmicas em classes de solos da Paraíba. **Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Natal-RN, 2015.
- BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (**Lei Ordinária**). Institui a Política Nacional sobre Mudanças do Clima e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 de dezembro 2009. Seção Extra, p.109. Coluna 2.
- BREMAN, H.; KESSLER, J.J. The potential benefits of agroforestry in the Sahel and other semi – arid regions. **European Journal of Agronomy**, v. 7, p. 25-33, 1997.
- CAMARGO. A. O., SANTOS. G. A., GUERRA. J. G. M. **Macromoléculas e Substâncias Húmicas**. In: Santos, G. A. & Camargo, F.A.O. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Ed. Genesis.1999, 49p.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, n.3, p.777-783, 1992
- CAMPOS, D.V.B.DE. (2003) Uso da técnica de  $^{13}\text{C}$  e fracionamento físico da matéria orgânica em solos sob cobertura de pastagens e cana-de-açúcar na região da mata atlântica. **Tese** (Doutorado em Agronomia) – Rio de Janeiro –RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, 175p, 2003.

CANELLAS, L.P.; MENDONÇA, E.S.; DOBBS, L.B.; BALDOTTO, M.A.; VELLOSO, A.C.X.; SANTOS, G.A. & AMARAL SOBRINHO, N.M.B. **Reações da matéria orgânica**. In: SANTOS, G.A.; SILVA, G.A.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, p.45-64, 2008.

CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; RUMJANEK, V.M.; MORAES, A.A. & GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, p.1529-1538, 2001.

CAPECHE, C. L. **Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista**. Embrapa Solos: Rio de Janeiro. 2008. 6 p. (Manual Técnico, n. 51)

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em Sistemas de Manejo Avaliada pela Dinâmica da Matéria Orgânica e Atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.777-788, 2005.

CORDEIRO, L.A.M. et al., **O aquecimento Global e a agricultura de baixa emissão de carbono**. Brasília, DF: MAPA/EMBRAPA/FEBRAPDP, 75 p, 2011.

DELABIE, J. H. C.; JAHYNY, B.; NASCIMENTO, I. C.; MARIANO, S. F.; LACAU, S.; CAMPIOLO, S. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic forest fauna of southern Bahia, Brazil. **Biodiversity Conservation**, v.16, p.2359-2384, 2007.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. (Ed.). **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

DORTZBACH, D., PEREIRA, M. G., BLAINSKI, E., GONZÁLEZ, A. P., Estoque de C e Abundância Natural de <sup>13</sup>C em Razão da Conversão de Áreas de Floresta e Pastagem em Bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p.1643-1660, 2015.

DRUMOND, M. A., KIILL, L. H. P., LIMA, P. C. F., OLIVEIRA, M. C. DE., OLIVEIRA, V. R. DE., ALBUQUERQUE, S. G. DE., NASCIMENTO, E. DE S., CAVALCANTI, J. **Estratégias para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Caatinga**. Documento para discussão no GT Estratégias para o Uso Sustentável Petrolina, 2000.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; BENITES v. M; et al. Quantificação e utilização das Frações Húmicas como característica diferencial em Horizontes Diagnósticos de Solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.1241-1257, 2010.

FONTANA, A., PEREIRA, M. G., NASCIMENTO, G. B., ANJOS, L. H. C., EBELING, A. G. Matéria Orgânica em Solos de Tabuleiros na Região Norte Fluminense-RJ. **Revista Floresta e Ambiente**, V. 8, n.1, p.114 - 119, jan/dez. 2001.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; BENITES v. M; et al. Quantificação e utilização das Frações Húmicas como característica diferencial em Horizontes Diagnósticos de Solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.1241-1257, 2010.

FRAGA, V.S.; SALCEDO, I. H. . Declines of Organic Nutrient Pools in Tropical Semi-Arid Soils under Subsistence Farming. . **Soil Science Society of America Journal**, Madison, WI, v. 68, p. 215-224, 2004.

FRAZÃO, L. A.; SANTANA, I. K. DA S.; CAMPOS, D. B. DE; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em Neossolo Quartzarênico sob uso agrícola. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.10, p.1198-1204, out. 2010.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARAES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Vicosa, v.26, p.425-434, 2002.

GALVÃO, S.R.; SALCEDO, I. H. Soil phosphorus fraction in sandy soils amended with cattle manure for long periods. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), v. 33, p. 613-622, 2009.

GOMES, J. B. V., RESENDE, M., REZENDE, S. B., MENDONÇA, E. DE S. Solos de três Áreas de Restinga. Dinâmica de Substâncias Húmicas, Ferro e Alumínio. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.33, p. 921 - 1932, nov. 1998.

IZAC, A.M.N.; SANCHEZ, P.A. Towards a natural resource management paradigm for international agriculture: the example of agroforestry research. **Agricultural Systems**, v. 69, p. 5-25, 2001.

JACOMINE, P. K. T; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O.; SILVA, A. P. MELO FILHO, H. F. R de. Levantamento exploratório – Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. v.I. **Boletim técnico nº 15**. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo/ Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1972. 670p.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de C orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.821-832, 2003.

LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, FRANCISCO DAS CHAGAS ; CASTRO, A. A. J. F. Estoques da serrapilheira acumulada e teores de nutrientes em Argissolo sob manejo agroflorestal no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.34, p.75-84, 2010.

LOSS, A.; MORAES, A. G. DE L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R. DE; ANJOS, L. H. C. DOS. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, v. 1, p. 57-64, 2010.

LOSS, A., PEREIRA, M. G., SCHULTZ, N., ANJOS, H. C. DOS. Eliane Maria Ribeiro da SilvaII. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção Orgânica. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2008.

LONGO, R., M. ESPÍNDOLA, C., R. C-orgânico, N-total e Substâncias Húmicas sob Influência da Introdução de Pastagens (*brachiaria* sp.) em áreas de Cerrado e Floresta Amazônica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.723-729, 2000.

MAIA, S. M. F., XAVIER, F. A. DA S., OLIVEIRA, T. S., MENDONÇA, E. DE S., FILHO, J. A. DE A. Impactos de Sistemas Agroflorestais e Convencional sobre a Qualidade do Solo no Semi-árido Cearense. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.837-848, 2006

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S., OLIVEIRA, T.S., MENDONÇA, E.S. e ARAÚJO FILHO, J.A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**. 2006, vol.30, n.5, p.837-848.

MADARI, B. E.; CUNHA, T. J. F.; NOYOTNY, E.H.; MILORI D, M. B. P.; NETO, L. M.; BENITES, V. M.; COELHO, M. R.; SANTOS, G. A. **Matéria Orgânica dos Solos Antrópicos da Amazônia** (Terra Preta de Índio): Suas Características e Papel na Sustentabilidade da Fertilidade do Solo, 2009.

MARTINS, E. de L.; CORINGA, J. do E. S.; O. L.; WEBER, O. L. dos S. Carbono orgânico nas frações granulométricas e substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico – LVAd sob diferentes agrossistemas. **Revista Acta Amazonica**, vol. 39(3) 2009: p. 655 – 660.

MEDEIROS, J S ; OLIVEIRA, F. H. T. ; SANTOS, H C ; ARRUDA, J. A. ; SILVA, M. V. . Formas de potássio em solos representativos do Estado da Paraíba. **Revista Ciência Agronômica** (UFC. Online), v. 45, p. 417-426, 2014.

MENDOZA, H. N. Efeitos de sistemas de colheita dos canaviais sobre propriedades químicas e biológicas em solos de Tabuleiro no Espírito Santo. Rio de Janeiro. **Dissertação**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 113p. 1996.

MOREIRA, F.M.S. SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

NEVES, C. M. N. DAS; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. ESTOQUE DE Carbono em Sistemas Agrossilvopastoril, Pastagem e Eucalipto sob cultivo Convencional na região Noroeste do estado de Minas. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, set.out., 2004

PARAÍBA. **Decreto nº 36.407, de 27 de novembro de 2015**. Aprova o plano estadual de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura - Agricultura de Baixo Carbono - Plano ABC-Paraíba e dá outras providências. Diário Oficial do Estado da Paraíba, Poder Executivo, João Pessoa, PB, 27 de novembro de 2015.

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. & MACHADO, P.L.O.A. Fracionamento densimétrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em Paty do Alferes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p.731-737, 2004a.

PORTUGAL, A. F. et al. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 2091-2100, 2008

PRIMO, D. C., MENEZES, R. S. C., SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia. Plena** vol. 7, num. 5, 2011.

RANGEL, O. J. P., SILVA, C. A., Estoques de Carbono e Nitrogênio e Frações Orgânicas de Latossolo submetido a diferentes Sistemas de Uso e Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.1609-1623, 2007.

REITSMA, R.; PARRISH, J. D.; MCLARNEY, W. The role of cacao plantations in maintaining forest avian diversity in southeastern Costa Rica. **Agroforestry System**, v.53, p.185- 193, 2001.

RIBASKI, J., MONTOYA, L. J., RODIGHERI, H.R. (2001) Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe agropecuário**, v. 22, p. 61-67.

RITA, J. C. DE O. Carbono das Frações da Matéria Orgânica e Classes de Agregados de Solos Sob Sistemas Agroflorestais de Cacau no Sul da Bahia, 2007, 66f. **Tese** (Doutorado). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes-RJ, 2007.

RODRIGUES, V.G.S. **Sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira**: [http://www.cpafr.embrapa.br/embrapa/Artigos/sist\\_agro\\_amaz.htm](http://www.cpafr.embrapa.br/embrapa/Artigos/sist_agro_amaz.htm) em 25/10/2016, página mantida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Rondônia. 2003.

SAMPAIO, E.V.S.B. & SALCEDO, I.H. Decomposição de palha de milho marcada e incorporação do  $^{14}\text{C}$  à biomassa microbiana de um latossolo vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.6, p. 29-32, 1982.

SÁNCHEZ, M.D. **Panorama dos sistemas agroflorestais pecuários na América Latina**. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C. Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: 2001. p. 9-17.

SANTOS, G.A.; SILVA, G.A.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.45-64.

SOUZA, W.J.O. & MELO, W.J. Matéria orgânica de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27: p. 1113-1122, 2003.

TIESSEN, H., SAMPAIO, E. V. S. B., SALCEDO, I. H. Organic matter turnover and management in low input agriculture of NE Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Holanda, v. 61, p. 99-103, 2001.